

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-032154

(43)Date of publication of application : 08.02.1994

(51)Int.Cl.

B60K 28/06
G01V 9/04
G06F 15/62
G08B 21/00

(21)Application number : 04-213780

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 18.07.1992

(72)Inventor : KANEDA MASAYUKI
KASAI JUNICHI
TSUKINO MASATAKA

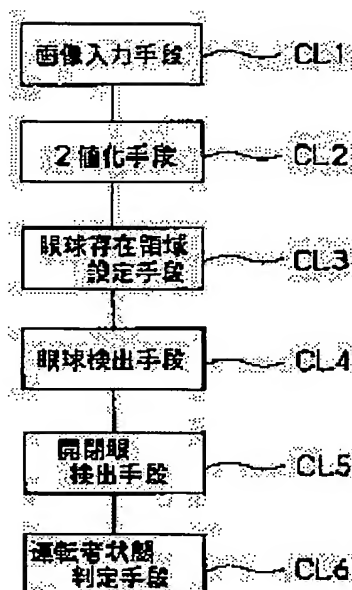
(54) DRIVER'S CONDITION DETECTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To surely detect an eyeball whether it is in open eye condition or close eye condition and shorten the processing time for judgment of an open or close eye by providing a driver's condition judging means for judging the condition of the driver, based on the pattern of an open/close eye detected by an open/close eye detecting means.

CONSTITUTION: This detector is provided with an image input means CL1 for inputting the face image of a driver, a binarizing means CL2 for binarizing the face image being inputted from the image input means, an eyeball existence area setting means CL3 for seeking the eyeball existence area within the binarized image, and an eyeball detecting means CL4 for detecting the eyeball, based on the continuous black picture element in longitudinal direction within the eyeball existence area.

Furthermore, it is provided with an open/close eye detecting means CL5 for detecting the open/close eye of a driver, based on the number of continuous black picture elements of an eyeball being detected, and a driver's condition judging means CL6 judges the condition of a driver, based on the pattern of the open/close eye being detected by this open/close eye detecting means CL5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2822799

[Date of registration] 04.09.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-32154

(43)公開日 平成6年(1994)2月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
B 6 0 K 28/06		A 7140-3D		
G 0 1 V 9/04		S 7256-2G		
G 0 6 F 15/62	3 8 0	9287-5L		
G 0 8 B 21/00		Q 7319-5G		

審査請求 未請求 請求項の数4(全19頁)

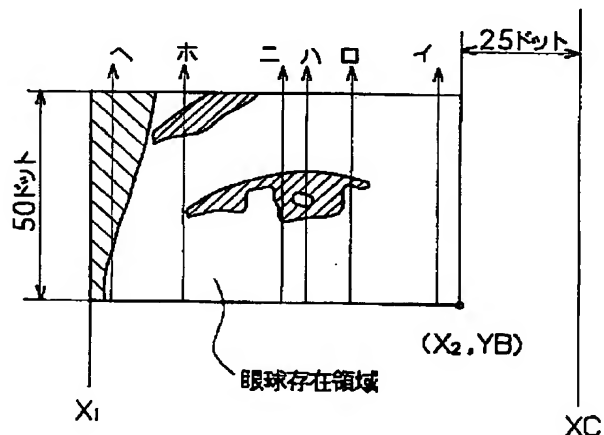
(21)出願番号	特願平4-213780	(71)出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	平成4年(1992)7月18日	(72)発明者	金田 雅之 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72)発明者	笠井 純一 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72)発明者	月野 正隆 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(74)代理人	弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54)【発明の名称】 運転者の状態検出装置

(57)【要約】

【目的】 眼の虹彩円形部が明瞭でないなど画像状態が不良の場合でも精度よく開閉眼の状況を検出でき、迅速に居眠り状態などを判定できるものとする。

【構成】 眼球存在領域内で縦方向に走査して連続黒色画素を検索することによって眼球を検出する。眼球の最大の連続黒色画素、例えば図では走査線「ニ」上の連続黒色画素の数が記憶される。この記憶された画素数の、複数の画像における最大値と最小値をもとに設定されたしきい値と各画像の上記連続黒色画素数の最大値が比較されて開閉眼が判別される。縦方向走査によるから眼はその開閉状態にかかわらず検出され、検出に用いられたデータでしきい値が設定されるので、眼に個人差などがあっても確実に開閉眼が検出される。円形部探索や眼球面積演算を要しないから処理が速い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者の顔画像を入力する画像入力手段と、該画像入力手段から入力された顔画像を2値化する2値化手段と、2値化された画像内で眼球存在領域を定める眼球存在領域設定手段と、前記眼球存在領域内で縦方向の連続黒色画素に基づいて眼球を検出する眼球検出手段と、検出された眼球の前記連続黒色画素の数に基づいて運転者の開閉眼を検出する開閉眼検出手段と、該開閉眼検出手段で検出された開閉眼のパターンに基づいて運転者の状態を判定する運転者状態判定手段とを備えた

ことを特徴とする運転者の状態検出装置。
【請求項2】 前記眼球存在領域設定手段は、横幅設定手段と縦幅設定手段とからなり、横幅設定手段は、前記画像を横方向へ走査し連続白色画素数を計数する連続白色画素数計数手段と、前記連続白色画素数の変化量から前記画像の横方向端の安定部を検出する安定部検出手段と、該安定部の有無および前記連続白色画素数の変化量とから顔の輪郭線の連続性を判断する輪郭線連続性判断手段と、前記連続性判断に基づいて顔の横方向端を特定する顔端特定手段とを有して、特定された前記顔の横方向端を眼球存在領域の横幅を規定する端点とし、縦幅設定手段は、前記横幅設定手段で設定された横幅内で、前記画像を下方位置から縦方向に走査し2点の黒領域を検出する黒領域検出手段を有して、検出された黒領域を基準にして眼球存在領域の縦方向の位置を設定するものであることを特徴とする請求項1記載の運転者の状態検出装置。

【請求項3】 前記開閉眼検出手段は、前記連続黒色画素の最大数の、複数の画像における最大値と最小値をもとに設定されるしきい値を基準にして、画像ごとの前記連続黒色画素の最大数を比較して開閉眼を検出することを特徴とする請求項1または2記載の運転者の状態検出装置。

【請求項4】 前記運転者状態判定手段は、前記開閉眼検出手段で検出された閉眼状態が所定時間以上継続したとき運転者が異常状態にあると判定するものであることを特徴とする請求項1、2または3記載の運転者の状態検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、運転者の眼の開閉状況から居眠り状態などを検出する運転者の状態検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の車両運転者の状態検出装置としては、例えば特開平3-194661号公報に記載されたようなものがある。これは2値化した運転者の顔画像を用いて、運転者の眼がある範囲を検出領域としてその領域内で眼の虹彩部を検出することによって、虹彩部の検出結果から運転者の開閉眼を判定し、運転者の状態を検

出する構成となっており、運転者の居眠りやわき見の検出に利用可能であるとしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の車両運転者の状態検出装置では、運転者の開閉眼を判別するに際して、検出領域の中で黒い円形領域を検出しこれを眼の虹彩と判断したうえで、その面積の大小により開眼状態、閉眼状態を判定するようにしているため、2値化された画像が、図20の例Aの開眼時に示されるように、円形領域が明確に識別検出されるときには精度良く判定できるが、同図の例B～例Dのように2値化した画像上で黒い円形領域の識別が困難なときには、これが眉などと誤判定される恐れがある。

【0004】 さらに、虹彩部の検出にあたって、放射状の矩形フィルタで明度差のMAX値を求め、そのMAX値をとる点の座標を虹彩中心部と決定して、虹彩中心部の回りの黒色画素の面積から開閉眼を判定するため、判定のための演算処理時間も長くなるという問題があった。したがって本発明は、このような従来の問題点に鑑み、画像状態が不良の場合でも精度よく開閉眼の状況を検出でき、迅速に居眠り状態などの運転者の状態を判定することができる運転者の状態検出装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために本発明は、図1に示されるように、運転者の顔画像を入力する画像入力手段CL1と、該画像入力手段から入力された顔画像を2値化する2値化手段CL2と、2値化された画像内で眼球存在領域を定める眼球存在領域設定手段CL3と、前記眼球存在領域内で縦方向の連続黒色画素に基づいて眼球を検出する眼球検出手段CL4と、検出された眼球の前記連続黒色画素の数に基づいて運転者の開閉眼を検出する開閉眼検出手段CL5と、該開閉眼検出手段で検出された開閉眼のパターンに基づいて運転者の状態を判定する運転者状態判定手段CL6とを備えるものとした。

【0006】

【作用】 2値化画像の眼球存在領域内を縦方向に走査して、連続黒色画素を検索することによって眼球を検出するから、開眼状態か閉眼状態かにかかわらず確実に眼球が検出される。眼球の上記連続黒色画素数によって開閉眼が判別されるから、短時間に状態検出が行なわれる。

【0007】

【実施例】 以下、本発明を図面に基づいて説明する。図2は、本発明の実施例の構成を示すブロック図である。運転者の顔面に向けて照射する赤外線ストロボ1と、この赤外線ストロボ1の赤外線で照射される顔部分を撮影する画像入力手段CL1としてのCCDテレビカメラ3が、車両の図示しないインストルメントパネルに設置されている。前記赤外線ストロボ1とテレビカメラ3はタイ

ミング指令回路5に接続され、ストロボ発光とTVカメラの画像入力とのタイミング合わせが制御される。すなわち、赤外線ストロボ1にタイミング指令回路5からストロボ発光指令が出力されると、赤外線ストロボ1が発光して運転者の顔部分を照射し、これと同時にTVカメラ3へ画像入力指令が出力され、赤外線で照射された顔部分を撮影するようになっている。

【0008】TVカメラ3の入力画像は図3に示されるように、横(X)方向520画素、縦(Y)方向500画素からなり、縦方向に顔部分がほぼいっぱいになるように画角が調整されている。TVカメラ3には、撮影した入力画像をデジタル量に変換するA/D変換器7を介して画像メモリ9が接続され、入力画像データが格納される。画像メモリ9には、眼球存在位置規定回路11が接続され、画像メモリ9に格納された入力画像データに基づいて眼球的存在位置領域を規定する。さらに、この眼球存在位置規定回路11に接続されて、眼球検出回路13が、画像メモリ9の画像データのうち上記の眼球存在位置領域内にあるデータを処理して、眼球を検出する。次の開閉眼判別回路15において、上に検出された眼球データから開眼状態か閉眼状態かが判断される。この開閉眼の状況から居眠り判定回路17において運転者の居眠り状態の有無が判定される。判定結果は警報回路17などに出力されて報知される。

【0009】上記構成における全体の動作のメインフローを図4により説明する。まず、車両のイグニッションスイッチがオンされて、運転者が運転席についたことが確認され全体システムが起動すると、ステップS1でタイマがスタートされる。そしてステップS2で赤外線ストロボ1の発光と同期してTVカメラ3によって運転者の顔部分が撮影されると、この画像がA/D変換回路7でデジタル信号に変換されて、1フレーム分の入力画像データとしてステップS3で画像メモリ9に格納される。ここでは、ビデオ信号が0~255の256階調のデジタルデータに変換され、白い部分が「255」、黒い部分が「0」とされている。ステップS2、S3が発明の画像入力手段CL1を構成している。

【0010】画像メモリ9に格納された入力画像データは、眼球存在位置規定回路11に取り込まれ、ステップS4において、顔部分の明暗をはっきりさせ眼球を抽出できるよう、所定のしきい値で2値化されて、2値化画像J(X, Y)が求められる。2値化画像J(X, Y)を基に、次のステップS5およびステップS6において、あるいはステップS5'およびステップS6'において、図3に破線で示される左右の眼球存在領域の横方向(X方向)の幅および縦方向(Y方向)の幅が決定される。ステップS4が発明の2値化手段CL2を構成している。また、ステップS5、S5'が横幅設定手段を、S6、S6'が縦幅設定手段を構成し、両者で眼球存在領域設定手段CL3を構成している。

【0011】眼球存在位置規定回路11で眼球存在領域が決定されると、次にステップS7において、眼球検出回路13により、眼球存在領域内での縦方向の連続黒色画素の計数が行われて眼球が検出決定される。この後ステップ8で、開閉眼判別回路15においてしきい値が設定され、上に検出された眼球のデータがしきい値と比較されて開閉眼が検出される。先のステップS1でスタートされたタイマのカウントは、後述するように、ここでのしきい値設定に用いられる。

【0012】開閉眼の判断にあたっては、まず左側の眼球存在領域の眼球データに開閉眼に伴って所定の大きな変化があるときは、この左側の眼球存在領域の眼球データに基づいてしきい値設定と開閉眼判断が行なわれて、ステップS9に移る。左側の眼球存在領域の眼球データの変化が小さいときは、次に右側の眼球存在領域の眼球データと比較され、上記変化の大きいほうの眼球存在領域のデータが用いられてしきい値設定と開閉眼判断が行なわれる。そしてステップS9において、上に検出された開閉眼のパターンから居眠り判定回路17で運転者の居眠り判定が行われる。ステップS7が発明の眼球検出手段CL4を、ステップS1、S8が開閉眼検出手段CL5を、そしてステップS8が運転者状態判定手段CL6を構成している。

【0013】次にステップS5、S5'の詳細が図5、図6のフローチャートに示される。まずステップS100で、検索開始点の初期設定が行なわれ、高さ方向の走査Y座標が40にセットされる。これはY=0~40の範囲内に顔面の最大幅は存在しないことを前提として処理時間を短縮するものである。ステップS101において、図7に示すように、画像の中央(X座標=250)が検索開始ラインとされて、Y座標上の横方向走査ライン上を左右別個に連続白色画素数WXC LおよびWXC Rがカウントされ、ステップS102で、連続白色画素数が最大のときの左右端X座標XLMおよびXRMが記憶される。ステップS100~S102が発明の連続白色画素数計数手段を構成しており、この処理のさらに詳細な説明は図8、図9により後述する。

【0014】続いてステップS103で、左右の連続白色画素数の和が200より大きいかがチェックされる。頭髮や眉、眼球部などの存在により白色データの連続が遮断されて上記の和が200以下である場合には、ステップS104で、左安定カウンタWLC ONおよび右安定カウンタWRC ON、左安定フラグSTFLGLおよび右安定フラグSTFLGRがクリアされて、ステップS101へ戻り次のラインが走査される。

【0015】左右の連続白色画素数の和が200より大きい場合には、ステップS105に進んで、左側端点検出フラグOKFGLがセットされているかがチェックされ、セットされている場合はステップS120以降の右端検索処理へ移る。左側端点検出フラグOKFGL

が0の場合には、ステップS106に進み、WXCLと直前の走査ラインにおける連続数MAELとの差が10未満であるかチェックされ、10未満ならばステップ107で左安定カウンタWLCONがカウントアップされる。このときには、現走査ラインは直前走査ラインの連続数との差が小さい安定候補部とみなされ、ステップ108、109でこの中での連続白色画素数WXCLが最大のときのXLをX1、最小のときのXLをX2として記憶される。

【0016】ステップS110では、左安定カウンタWLCONが10を越え、且つX1とX2の差が30未満か否かが調べられ、この条件を満足していればステップ111で左安定フラグのSTFLGLがセットされ、ステップ112で、左の連続白色画素数WXCLが新たにMAELとされる。

【0017】ステップS106で連続白色画素数WXCLと前の走査での連続数MAELの差が10以上であったときには、画像輪郭線の連続性が失われた可能性があるとして判断され、ステップS113～S119の処理へ移る。ここでは、連続画素数が大きく変化したのが眉などの存在によるためか、輪郭線の途切れなのかが連続画素数の変化と安定部分の存在とによって判断される。

【0018】まずステップS113で、左安定フラグSTFLGLがチェックされ、この連続白色画素数が大きく変化する前に安定部分が存在し、STFLGLがセットされていた場合は、ステップS114で連続画素数が増加したか否かが調べられる。連続画素数が増加している場合には、輪郭線が途切れたと判断され、ステップS115に進んで、前回フローのステップS108で記憶されたX座標X1を顔の左端と定める。

【0019】ステップS113で連続白色画素数が大きく変化する前に安定部分が存在しない場合や、安定部分が存在してもステップS114で連続画素数が減少している場合は、輪郭線が途切れた部分から輪郭線のある部分の走査に移ったか、あるいは眉や眼、眼鏡部分などを走査したものであることが考えられる。そこでこのときにはステップS116において、今回の走査の連続白色画素数が前回の走査の連続白色画素数より50以上減少しているかどうかチェックされる。

【0020】50以上減少の場合は、輪郭線が途切れた部分から輪郭線のある部分の走査に移ったものとして、ステップS118に進んで今回の走査の左端点XLを顔の左端と定める。こうしてステップS115、またはステップS118で顔の左端が決定されたときは、次のステップS119で左側端点検出フラグOKFGLがセットされた上でステップS120へ進む。ステップS116で今回の連続白色画素数が前回の連続画素数より大きく減少していない場合は、眉や眼、眼鏡部分、その他大きな陰影のある部分と考えられ、ステップS117に進んで、X1、X2、WLCON、STFLGLがクリアさ

れた後ステップS112へ進む。

【0021】ステップS120からS121では、画像の左側についてのステップS105～S119と同様にして、画像の右側について輪郭線途切れの判断および輪郭線が途切れた際の顔の右端決定が行なわれる。

【0022】以上の処理がステップS122およびS123により、顔面の左右の端点検出フラグOKFGL、OKFGRの両方ともセットされるか、さもなければ予め設定された縦方向（Y方向）の検索範囲の走査が終了するまで繰り返される。端点検出フラグがセットされた場合は、左側ではX1、X2を端点として、同様に右側ではXX1、XX2を端点として眼球存在領域の横幅設定が終了する。

【0023】また、Y方向の検索範囲の走査が終了したときは、ステップS124並びにS126でそれぞれ左右の端点検出フラグがセットされているか否かが調べられ、セットされていない場合はそれぞれステップS125、S127において、先のステップS102で記憶された全走査の中での連続白色画素数が最大のときの左右端X座標XLM、XRMを顔の左右端と定める。顔の左右端が定められると、次式により眼球存在領域の横方向の端点が決まる。

$$X \text{ 軸センター} = XC = XLM + ((XRM - XLM) / 2)$$

左眼眼球存在領域の左側X座標 = X1 = XLM

左眼眼球存在領域の右側X座標 = X2 = XC - 2.5

右眼眼球存在領域の左側X座標 = XX1 = XC + 2.5

右眼眼球存在領域の右側X座標 = XX2 = XRM

ステップS103～S112が発明の安定部検出手段

を、ステップS106、S113、S114が輪郭線連続性判断手段を、そしてステップS115～S127が顔端特定手段を構成している。ただし、ステップS121は右側についての安定部検出手段および輪郭線連続性判断手段を含む。

【0024】前記のステップS101、S102における連続白色画素数のカウントと左右端X座標XLMとXRMの記憶は図8、図9に示す流れで行なわれる。前述のようにステップS100で、縦方向の走査Y座標が40にセットされると、次にステップS202で、左検索X座標XLと右検索X座標XRに横方向の検索走査開始ラインのX座標値250がそれぞれセットされる。このX座標値（＝250）は、図7に示されるように、車両運転者がTVカメラの撮影画角内に存在すれば、確実に顔面部の中に存在するラインを表わしている。

【0025】次に、ステップS203で右側走査終了フラグOKRがセットされているか否かが調べられ、セットされていればステップS211以降の顔面左端検索に進む。OKRがセットされていない場合は、ステップS204で、画素J（XR，Y）が白か否かが調べられ、白のときはステップS205およびS206で右側連続

白色画素カウンタW_{XCR}、検索X座標X_Rがそれぞれカウントアップされる。ステップS204のチェックで画素J(X_R, Y)が白でないときには、ステップS207に進んで右側走査終了フラグOK_Rがセットされた後、ステップS208で、今まで記憶していた右側端点の最大値X_{RM}と今回の端点X_Rが比較される。ここでX_Rの方が大きいとき、すなわちより右側にある場合はステップS209においてX_Rが新たな右端点X_{RM}とされる。

【0026】次にステップS211～S217で、上記ステップS203～S209と同様の処理が顔面左側について行なわれる。右側における処理と相異なるのは、ステップS214で検索X座標X_Lがカウントダウンされること、ステップS217で左側記憶端点のX_{LM}と今回の端点X_Lの小さい方、すなわちより左側にある方が新たな左端点X_{LM}とされる点である。

【0027】一つの走査ラインで左右端が検出され、ステップS221で走査終了フラグOK_L、OK_Rの両方がセットされたと判断された場合は、ステップS222でこのフラグがクリアされた後、ステップS223で走査ラインのY座標値がインクリメントされて、この処理を終了する。

【0028】以上により、顔面の片側から外光が射し込んだりして顔画像の輪郭線に連続性がなくなったときにも、安定部の有無と連続画素数の変化状況から、顔輪郭線の連続性を確認して顔の左右端が特定される。また、2値化画像において画像の中央から左右へ走査して白色画素の連続により顔の左右端を検出するので、背景が白でなくても必ず顔をとりえることができ、適格な検出を行なうことができる。

【0029】メインフローのステップS6およびS6'における眼球存在領域縦幅の設定過程は黒領域2点の検索処理と、眼鏡の有無検索処理との二つに分かれる。黒領域2点の検索処理では、左眼に関して、図10のように、鼻の穴の黒い部分の検出を避けるため左側眼球存在領域の右側X座標X₂から10ドット左側、すなわちX₂-10を始点とし、この位置から横方向(X方向)にX₂-90までの範囲について、検索開始のY座標Y_Lから0の間を縦方向上方へ走査され、これが横方向4ドットの間隔で実行される。Y座標Y_Lは顔の左右端を決定した走査ラインの下方に設定される。また、右眼に関しても同様に右側眼球存在領域の左側X座標X_{X1}から10ドット右側、すなわちX_{X1}+10を始点とし、この位置から横方向(X方向)にX_{X1}+90までの範囲について、Y座標Y_Lから0の間を縦方向上方へ走査され、これが横方向4ドットの間隔で実行される。

【0030】この眼球存在領域縦幅の設定過程の詳細な流れが図11、図12、図13に示される。まず、ステップS301において、1番目と2番目の黒領域のそれぞれ最高点を示すY座標の最大値のメモリ変数BY1M

AXおよびBY2MAXの値が0にクリアされ、X方向の検出範囲規定カウンタXCHECKがX₂-10に、またY方向の検索範囲規定カウンタYCHECKがY_Lに初期化される。

【0031】そして、ステップS302で、X方向の検索範囲規定カウンタXCHECKがX₂-90以下か否かが調べられる。これはX方向へすべて検索したか否かを判別するものである。まだX方向全ての検索を終了していない間はステップS303に進み、1番目の黒領域を検出したことを示すフラグFL1、連続黒色画素カウンタBLACK、連続白色画素カウンタWHITE、1番目の黒領域と2番目の黒領域との間隔が10ドット以上あることを示すフラグWHITEFLおよび1番目の黒領域と2番目の黒領域のそれぞれの最大値記憶バッファBY1およびBY2がクリアされる。

【0032】つぎに、ステップS304で検索画素が黒か否かがチェックされ、黒の場合はステップS305で連続白色画素カウンタWHITEがクリアされ、ステップS306で連続黒色画素カウンタBLACKがカウントアップされる。そして、ステップS307において、連続黒色画素カウンタBLACKのカウント値が1であるか否かがチェックされる。ここでは黒画素の検出が初めてかを判断している。カウント値が1のときは、ステップS308で、Y方向の検索範囲規定カウンタYCHECKでカウントされた現Y座標が、黒領域の最下点Y座標候補として、SETYに記憶される。すなわち、図10中に「1」で示されるY座標が記憶されることになる。

【0033】つぎに、ステップS309で、連続黒色画素カウンタBLACKのカウント値が2以上か否かがチェックされる。カウント値が2以上のときは、ステップS310に進んで1番目の黒領域検出フラグFL1がセットされているか否かが調べられる。フラグFL1がセットされていないときは、ステップS311へ進み、1番目の黒領域の最大値記憶バッファBY1にSETYの値が代入されて保管され、フラグFL1がセットされる。それからステップS328においてY座標YCがカウントダウンされ、走査ライン上一つ上の画素の検索に移る。

【0034】ステップS310でフラグFL1がセットされている場合には、ステップS312へ進んで、フラグWHITEFLがセットされているか否かがチェックされ、1番目の黒領域と2番目の黒領域との間隔が10ドット以上あるかどうか調べられる。そして、フラグWHITEFLがセットされているときは2番目の黒領域を検出したことになるので、ステップS313において2番目の黒領域の最大値記憶バッファBY2にSETYの値が代入されて保管される。すなわち、図10中に「2」で示されるY座標が保管されることになる。

【0035】ステップS312でフラグWHITEFL

がセットされていない場合には、1番目の黒領域と2番目の黒領域の間隔が狭く両者の差が明確でないとして、ステップS314へ進み、黒画素の連続数が50ドットを越えるか否かが調べられる。連続黒色画素カウンタBLACKのカウンタ値が50を越えているときは、頭髮を検出したものとして、ステップS315においてバッファBY2がクリアされる。50ドットを越えていない場合はステップS328へ進んで、Y座標YCのカウンタダウンにより一つ上の画素の検索に移る。

【0036】前記ステップS304において検索画素が白であるときには、ステップS316へ進んで連続黒色画素カウンタBLACKがクリアされた後、ステップS317で1番目の黒領域検出フラグFL1がセットされているか否かがチェックされる。そして、フラグFL1がセットされていないときは、未だ黒領域が一つも検出されていないため、ステップS328を経て、一つ上の画素の検索に移る。フラグFL1がセットされている場合にはステップS318へ進み、連続白色画素カウンタWHITEがカウンタアップされる。

【0037】次のステップS319では白色画素が10ドット以上連続したか否かが調べられ、10ドット以上連続しているときは眼と眉の間か、あるいは眼鏡フレームと目の間を検出したものとして、ステップS320でフラグWHITEFLがセットされる。さらに次のステップS321で、白色画素が80ドット以上連続したか否かが調べられ、80ドット以上連続した場合は、眉毛が検出されず額を検出したものとして、ステップS322で2番目の黒領域の最大値記憶バッファBY2がクリアされる。

【0038】白色画素が80ドット以上連続していない場合、あるいはステップS319で白色画素が10ドット以上連続していない場合には、ステップS328へ進んでY座標YCのカウンタダウンにより走査ライン上一つ上の画素の検索に移る。

【0039】一方、1番目と2番目の黒領域の候補点としてそれぞれのバッファBY1およびBY2の値が得られると、ステップS323、S324において、バッファBY1の値と今までに記憶された1番目の黒領域の最下点を示す最大値BY1MAXとが比較され、より大きい方の値がBY1MAXとして記憶される。続いてステップS325、S326において、バッファBY2の値と今までに記憶された2番目の黒領域の最大値BY2MAXとが比較され、より大きい方の値がBY2MAXとして記憶される。例えば、図10においては中央部の「1」のY座標がBY1MAXとして記憶され、右側の「2」のY座標がBY2MAXとして記憶されることになる。このようにして、1番目の黒領域の最下点BY1MAXと2番目の黒領域の最下点BY2MAXが決定される。ステップS301～S326が発明の黒領域検出手段を構成している。

【0040】つぎに、眼鏡の有無の検索処理の過程に移る。ここでは、上記の黒領域の検索において少なくとも1番目の黒領域が検出された走査ラインが発生すると、その走査ラインすなわち縦方向の検索が終了する毎に、今度は画面中央部の鼻部分をカバーする領域について横方向に延びる走査ラインが設定されて、眼鏡を表わす黒領域の存否が検索される。

【0041】まずステップS329において、2番目の黒領域の最大値記憶バッファBY2に値が入っているか否かがチェックされ、その状況に応じて眼鏡検出のY座標BYHが求められる。すなわち、2番目の黒領域の最大値記憶バッファBY2に値がなく、1番目の黒領域の最大値記憶バッファBY1のみが値を持っている場合は、ステップS330で、

$$BYH = BY1 + 10$$

とされる。2番目の黒領域の最大値記憶バッファBY2に値があるときは、ステップS331で、 $BYH = (BY1 + BY2) / 2$

とされる。なおこの式では、BYHをBY1とBY2の中間点としているが、BY1とBY2の間に位置する点であれば任意である。

【0042】この後、ステップS332において、黒色画素の数をカウントする黒色画素カウンタBLACKXがクリアされ、ステップS333、S334で画素座標に初期値 $XC = X2$ 、 $YC = BYH$ が設定される。次にステップS335で、画素J(XC, YC)が黒であるか否かが調べられる。黒の場合はステップS336で黒色画素カウンタBLACKXがカウンタアップされた後、また黒でないときはそのまま、ステップS337に進む。ステップS337では、画素座標が左側眼球存在領域においては $XC = X2$ からカウンタアップされる。ステップS338で、図14のように、画素Jが横方向(X方向)に $XX1$ を越えるまで検索したかがチェックされ、XCが $XX1$ を越えるまで横方向走査ライン上の画素検索が繰り返される。

【0043】1本の走査ラインの検索が終了すると、ステップS339において、黒色画素カウンタBLACKXの値が3より小さいか否かがチェックされ、黒色画素カウンタBLACKXの値が3未満のときは、眼鏡中央部のフレームが検出されたものとして、ステップS340において眼鏡無しカウンタMEG OFFがカウンタアップされる。

【0044】これが、X軸方向検索範囲内のすべての縦方向走査ラインの検索が終わることに伴って終了すると、ステップS341において、眼鏡無しカウンタMEG OFFの値が5を越えているか否かが調べられる。眼鏡無しカウンタMEG OFFの値が5より大きいときは、眼鏡をかけていないものとして、ステップS342に進む。ステップS342では、1番目に検出した黒領域のY座標の最下点BY1MAXを基準にして、眼球存

在領域の縦幅を規定する上下のY座標YT、YBが、
 $YT = BY1MAX - 40$
 $YB = BY1MAX + 10$
 に設定される。

【0045】また、眼鏡無しカウンタMEG OFFの値が5より小さい場合には、眼鏡をかけているものとして、ステップS343に進む。ここでは2番目に検出した黒領域のY座標の最下点BY2MAXを基準にして、眼球存在領域のY座標が、
 $YT = BY2MAX - 40$
 $YB = BY2MAX + 10$
 に設定される。

【0046】以上の処理が右側眼球存在領域の縦幅設定においても同様に行なわれる。その際、眼鏡の有無の検索処理では検索開始の初期値がXC=XX1とされ、ステップS337ではXC=XX1からカウントダウンされ、逆方向にXCがX2を下回るまで画素検索が繰り返されることになる。

【0047】以上のように、縦幅設定では、2点の黒領域を有する範囲を探索することとし、横に4ドット毎に僅か20回の縦方向走査を行なうだけで済むから眼球存在領域の設定が短時間になされる。さらに、髪その他から影響を受けず画像変化のほとんどない眉から下の部分に絞って検索を行うようにしたから、帽子を被っているような場合でも眼球存在領域の特定が正確にできる。

【0048】次に、このようにして設定された眼球存在領域におけるステップS7の眼球検出の詳細について説明する。ここでは、左側の眼球存在領域については、眼球存在領域の右側X座標X2から横方向(X方向)にX1までを範囲として、検索開始のY座標YBから縦方向上方(Y方向)にYB-50まで検索され、これが横方向1ドット毎に繰り返される。また、右側眼球存在領域についても、眼球存在領域左側X座標XX1からXX2までを範囲として、同様に検索される。この流れの過程が図15、図16に示される。

【0049】まず、ステップS401において、X方向の検索範囲の規定カウンタXECHECKがX2に、Y方向の検索範囲規定カウンタYECHECKがYBに初期化され、最大連続黒画素数BLACKEMAXがクリアされる。次に、ステップS402でX方向の検索範囲規定カウンタXECHECKがX1より小さいか否かがチェックされる。これはX方向についてすべて検索が終了したか否かを判別するものである。X方向全ての検索が終了していない間は、ステップS403に進んで、新たなX軸の検索の前に連続黒画素を検出したことを示すフラグEBFL、連続白色画素を検出したことを示すフラグEWF L、連続黒画素カウンタBLACK E、連続白色画素カウンタWH I TEEがクリアされる。

【0050】次のステップS421で、Y軸の検索初期

画素が白色か否かがチェックされる。ここで画素が黒色の場合、髪などが眼球存在領域内に入っているものとし、そのライン上でのY方向検索が中止され、ステップS418を経て、次のX軸の検索に移る。検索初期画素が白色のときはステップ404に進んで、連続白色画素のフラグがセットされているかどうか調べられる。いま初期設定でフラグEWF Lがセットされていないときは、該当するドットが黒色画素か白色画素かのチェックステップS405を経て、ステップ412に進み、連続黒色画素のフラグEBFLのセットの有無がチェックされる。

【0051】フラグEBFLがセットされていないとき、ステップS416で連続白色画素カウンタWH I TEEがカウントアップされる。そして、このカウント値により連続白色画素数が30を越えるまでは毎回連続黒色画素カウンタBLACK EをクリアしながらステップS417、S420、S419でY方向上方のドットへ走査が継続された後、ステップ418を経て次のX軸方向のライン、すなわち横隣りのラインの検索に移る。

【0052】新しいラインに移って、ステップS405でドットが黒色画素のときには、ステップS406に進んで連続白色画素カウンタWH I TEEがクリアされ、また、ステップS407で連続黒色画素カウンタBLACK Eがカウントアップされる。この後、ステップS408、S409において、BLACK Eのカウント値が2を越していればフラグEBFLがセットされて、1つ上の画素に移る。これは2ドット以下の黒色画素のノイズを除こうとするものである。

【0053】ステップS412でフラグEBFLがセットされているときには、ステップS413で連続白色画素カウンタWH I TEEがカウントアップされる。この後、ステップS414、S415において、WH I TEEのカウント値が5以上になったときはフラグEWF Lがセットされ、5未満の場合はセットされないままでステップS419に進む。

【0054】ステップ404でフラグEWF Lがセットされている場合は、ステップS410に進んで、連続黒色画素カウンタBLACK Eのカウント値と最大連続黒色画素数BLACKEMAXとが比較される。ここでX軸の現在のライン上でカウントされたBLACK EがBLACKEMAXより多いときには、ステップS411でBLACKEMAXにBLACK Eの値が入れられ、またBLACK EがBLACKEMAXより少ない場合にはBLACKEMAXはそのままで、次の横隣りの検索に移る。

【0055】次に上記の流れにおけるとくにステップS404以降の動作を、図17に例示した眼球存在領域内の走査線イ〜の場合について説明する。

(1) 走査線「イ」の場合

走査線「イ」が眼球存在領域における最初の走査線であ

るとして、連続白色画素のフラグEWF Lはセットされていないから、ステップS404からステップS405に進み、ここで該当するドットが黒色画素か白色画素かが調べられる。ここで画素が白色であるから、ステップS412へ進む。さらに、連続黒色画素のフラグEBF Lもセットされていないため、ステップS412からステップS416に進んで、連続白色画素カウンタWH I TEEがスタートされる。

【0056】次に、連続白色画素数が30個を越えるまで、ステップS417からステップS419經由ステップ404へ戻りY座標を上方へカウントダウンが繰り返される。連続白色画素数が30個を越えると、眼球存在領域の上縁までY座標が走査されていないくても、ステップ417からステップS418へ進んでX軸上次のラインの検索に移る。ステップS417では白色画素が相当数以上連続した後に現れる黒色画素は眼である可能性が低く、眉や髪などになるため、これをカウントしないようにするため30個を上限としたものである。なお、「イ」の走査線の検索では最大連続黒色画素数はBLA CKEMAX=0のままで、この数値が更新されることは

【0057】(2) 走査線「ロ」の場合

新たなX軸のラインとして走査線「ロ」の検索に移ると、ステップS403でフラグEBF L、EWF L、およびカウンタBLACK E、WH I TEEがクリアされてから、ステップS404に進む。このため走査線「イ」のときと同じくステップS405、ステップS412、ステップS416を経てステップS417に進み、WH I TEEをカウントアップしながら走査線を上方へ検索が繰り返される。

【0058】この走査線上では、連続白色画素数が30を越える前に黒色画素が現われ、これに対応して、ステップ405からステップS406に移り、ここで連続白色画素カウンタWH I TEEがクリアされる。次のステップS407で連続黒色画素カウンタBLACK Eのカウントアップがスタートされ、黒色画素が連続する限りこのカウントアップが継続される。この間ステップS408、S409で、3ドット以上の黒色画素が連続した場合、ノイズではないとしてフラグEBF Lがセットされる。

【0059】黒色画素の連続が途切れたとき、ステップS405からまたステップS412へ移る。ここではフラグEBF Lがセットされているため、ステップS413に進んで連続白色画素カウンタWH I TEEがスタートされ、S419でY座標をカウントダウンしつつすなわち走査線上方へ、白色画素が連続する間WH I TEEのカウントアップが繰り返される。そして、白色画素の連続数が5個以上になると、ステップS414、S415でフラグEWF Lがセットされる。

【0060】以上により、眼球存在領域における縦方向

(Y方向) 走査線のスタートから白色画素連続のあと、眼の部分にあたる黒色画素の連続が認められ、その後、眼の上に所定数の白色画素連続を確認することで、連続黒色画素数が眼の縦方向の大きさとして求められる。フラグEWF Lがセットされた後は、ステップS419を経て次のY座標に移ったとき今度はステップS404からステップS410に進む。ステップS410ではステップS407で先にカウントされたBLACK Eの連続黒色画素数と最大連続黒色画素数BLACKEMAXとが比較される。

【0061】走査線「ロ」ではじめて連続黒色画素が現われたとすれば、BLACKEMAX=0であったから、ステップS411に進んでBLACK Eのカウント値がBLACKEMAXに入れられる。

【0062】(3) 走査線「ハ」の場合

走査線「ハ」は、夜間やトンネル内など環境光線がストロボの赤外線のみのとときの画像を2値化したときによく見られる現象で、虹彩部が白くなった部分を通るラインである。基本的な流れは走査線「ロ」の場合と同様であるが、ここでは連続黒色画素が確認され、連続黒色画素カウンタBLACK Eのカウントアップ中に、眼の部分の黒色画素がまだ続くにも係わらず、虹彩部の白色画素によりBLACK Eのカウントが中断され、ステップS405からS412、S413へ進む。

【0063】ここで虹彩部の白色画素について連続白色画素カウンタWH I TEEのカウントアップが開始されるが、虹彩部では白色画素が5個を越える前に再び黒色画素に変わるので、フラグEWF Lがセットされることなく、ステップS419からステップS405～S407に戻って、中断されていた連続黒色画素のカウントアップが再開される。この後、眼の上に至って白色画素が確認されたあとは走査線「ロ」のときと同一の処理となる。

【0064】(4) 走査線「ニ」の場合

走査線「ロ」のときと流れは全く同一であるが、黒色画素の連続数がより多くなってステップS407におけるBLACK Eのカウント値が大きい。これにより、眼の上の連続白色画素の確認後ステップS410、S411において、BLACK Eの値が最大連続黒色画素数BLACKEMAXの値としてメモリされる。

【0065】(5) 走査線「ホ」の場合

走査線「ホ」は、眼部分を通らず、眉や髪などの黒色部分を切るラインである。眉や髪などの黒色画素は少なくとも眼の下にあることはなく、走査線上の検索が開始されると、白色画素が繰り返し検出される。この結果、ステップS417で連続白色画素数が30個を越えてしまうから、この走査線上での検索は中止され、次の横隣りの走査線の検索に移る。

【0066】(6) 走査線「ヘ」の場合

この走査線は眼球存在領域の左端部の髪部分を通る。こ

10

20

30

40

50

ここでは連続黒色画素数が非常に多くなり、この連続黒色画素の上方に連続白色画素は現れない。したがって、フラグE B F Lがセットされた後ステップS 4 0 5からS 4 1 2へ分岐することがないから、フラグE W F Lがセットされることもない。この結果、髪による連続黒色画素数が多くなっても、ステップS 4 0 4からS 4 1 0へ進むことがなく、最大連続黒色画素数B L A C K E M A Xの数値の置き換えは行なわれない。このため、走査線へ上の連続黒色画素が眼球と誤認識されることはない。

【0067】以上のようにして、眼球存在領域の横幅の全域にわたって全ての走査線の検索を終了すると、最大連続黒色画素数B L A C K E M A Xが眼球の縦方向（Y方向）の大きさとして求められる。上記のフローではB L A C K E M A Xが開眼、閉眼に係わらず検出される。

【0068】次に、前記の処理で検出された眼球データを用いた居眠り検出のフローが図18に示される。これはメインフローのステップS 8およびS 9に該当する。前述のようにステップS 1でタイマがスタートされたあと、画像の1フレーム毎に先のステップS 7とくにそのなかのステップS 4 1 1で、眼球データとして最大連続黒色画素数B L A C K E M A Xが求められる。これを受けて、ステップS 5 0 1で、新たなフレームのデータを得る毎にB L A C K E M A Xの最大値M A Xと最小値M I Nが更新記憶される。ステップS 5 0 2でタイマスタート後5分が経過したことが確認された後、ステップS 5 0 3で、最大連続黒色画素数のM A X値とM I N値を基に、開閉眼のしきい値が設定される。なお、上記の時間5分は、顔画像撮影のタイミングも考慮しまたきによる閉眼状態の画像を確実に取り込むための時間として設定されている。そして上記しきい値との比較により、

ステップS 5 0 4において開閉眼の別が検出され、この開閉眼のパターンによってステップS 5 0 5で居眠り状態の判定が行なわれる。

【0069】開閉眼検出処理は車両の運転中繰り返し実行され、ステップS 5 0 5では所定時間以上連続して閉眼が検出されたとき居眠り状態にあると判定される。すなわち図19に示されるように、時間軸上黒点で示される間隔で1フレームの顔画像が撮影入力され、各フレームについての開閉眼検出の結果、閉眼状態が継続して所定個数、例えば3フレーム以上続いているときに、運転者は居眠り状態にあると判定される。

【0070】本実施例によれば、眼球存在領域内を縦方向に走査して連続黒色画素を検索することによって眼球を検出するようにしたから、開眼状態か閉眼状態にかかわらず確実に眼球が検出される。そして、上記眼球存在領域を設定するに際して、その横幅については顔の左右別個にその端点を求めるようにしたので、運転者の顔の向きによって赤外線ストロボの照射画像に影ができる場合でも、左右いずれかに眼球存在領域が確実に設定されその影響が排除される。また、縦幅設定の際も、2点

の黒領域を有する範囲を探索することとし、しかも横には数ドット間隔で縦方向走査を行なうようにしたから、僅かな走査で済み眼球存在領域の設定が短時間になされる。さらに、髪その他から影響を受けず画像変化のほとんどない眉から下の部分に絞って検索を行うから、帽子を被っているような場合でも眼球存在領域の特定が正確にでき、居眠りの判定精度が高い。しかも上述のとおり、顔面の左右を各々独立に検索するから、顔面の片側の端が外光の影響で検出されないときでも、反対側の端は検出される。したがって左右いずれかの眼球存在領域が確実に設定される。

【0071】

【発明の効果】以上のとおり、本発明は2値化された画像の眼球存在領域内を縦方向に走査して連続黒色画素を検索することによって眼球を検出する眼球検出手段を設け、開閉眼検出手段では検出された眼球の連続黒色画素の数に基づいて運転者の開閉眼を判別するようにしたから、開眼状態か閉眼状態にかかわらず確実に眼球が検出される効果を有する。しかも開閉眼の判別のための処理時間が、虹彩円形部を求めその面積から判断するものに比べて大幅に短縮される。

【0072】またとくに、眼球存在領域の横方向位置を、横方向走査する連続白色画素数計数手段、安定部検出手段、輪郭線連続性判断手段および顔端特定手段とを有する横幅設定手段により顔の横方向端とするものでは、確実に眼部分を含むことができる。そして、縦幅を、黒領域検出手段で検出した2点の黒領域を基準とする縦幅設定手段により設定するときには、この黒領域検出が僅かな走査で済むから眼球存在領域の設定が短時間になされる。さらにその過程で髪部分などを除外することができるから、眼球存在領域の特定が正確にできるという利点がある。また開閉眼検出手段が眼球存在領域の縦方向連続黒色画素の最大数の、複数の画像における最大値と最小値をもとにしきい値を設定すると、環境光線の状況や運転者毎の眼の大きさにばらつきがあっても、常に開閉眼が容易に識別できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を示すブロック図である。

【図2】実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】入力画像の座標系を示す説明図である。

【図4】実施例の全体の動作のメインフローを示すフローチャートである。

【図5】眼球存在領域の横幅設定の流れを示すフローチャートである。

【図6】眼球存在領域の横幅設定の流れを示すフローチャートである。

【図7】横幅設定における画像走査の説明図である。

【図8】横幅設定時の連続白色画素数計数の流れを示すフローチャートである。

【図9】横幅設定時の連続白色画素数計数の流れを示す

フローチャートである。

【図10】眼球存在領域の縦幅設定における画像走査の説明図である。

【図11】横幅設定の流れを示すフローチャートである。

【図12】横幅設定の流れを示すフローチャートである。

【図13】横幅設定の流れを示すフローチャートである。

【図14】眼鏡の有無検索における画像走査の説明図である。

【図15】眼球検出の流れを示すフローチャートである。

【図16】眼球検出の流れを示すフローチャートである。

【図17】眼球存在領域内走査線の説明図である。

【図18】開閉眼検出の処理を示すフローチャートである。

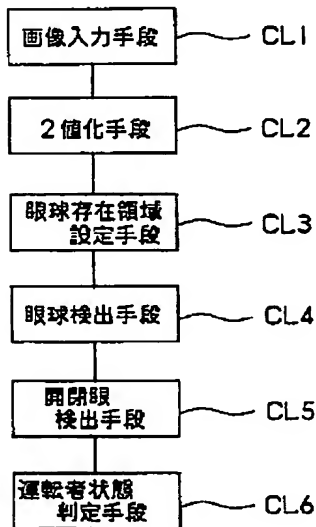
【図19】居眠り判定の説明図である。

【図20】入力画像の例を示す図である。

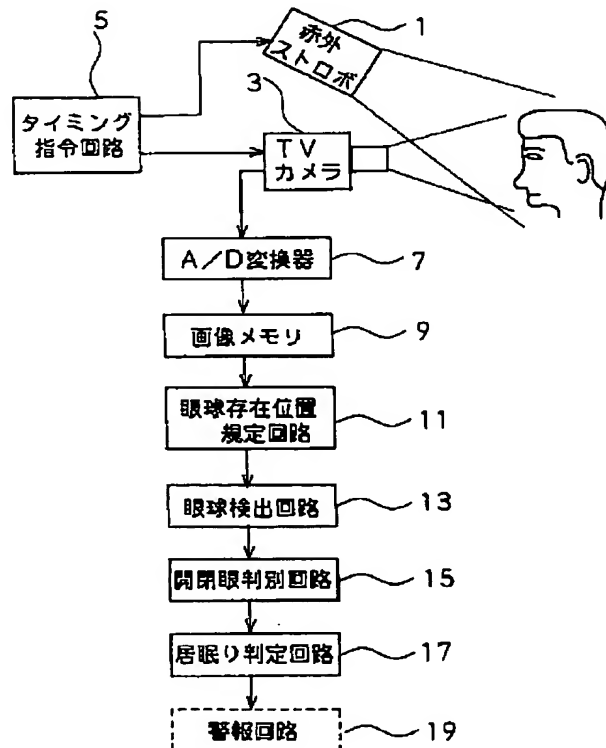
【符号の説明】

- | | |
|-----|------------|
| CL1 | 画像入力手段 |
| CL2 | 2値化手段 |
| CL3 | 眼球存在領域設定手段 |
| CL4 | 眼球検出手段 |
| CL5 | 開閉眼検出手段 |
| CL6 | 運転者状態判定手段 |
| 1 | 赤外ストロボ |
| 3 | TVカメラ |
| 5 | タイミング指令回路 |
| 7 | A/D変換器 |
| 9 | 画像メモリ |
| 11 | 眼球存在位置規定回路 |
| 13 | 眼球検出回路 |
| 15 | 開閉眼判別回路 |
| 17 | 居眠り判定回路 |
| 19 | 警報回路 |

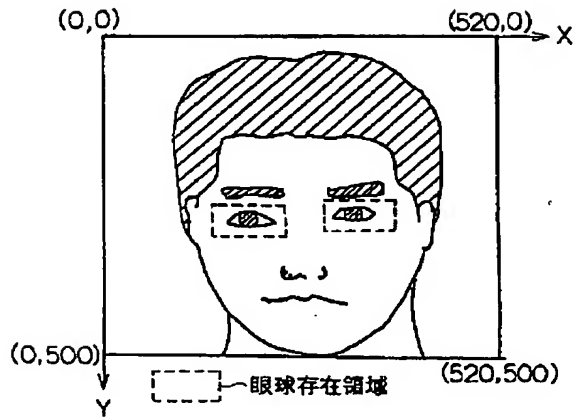
【図1】



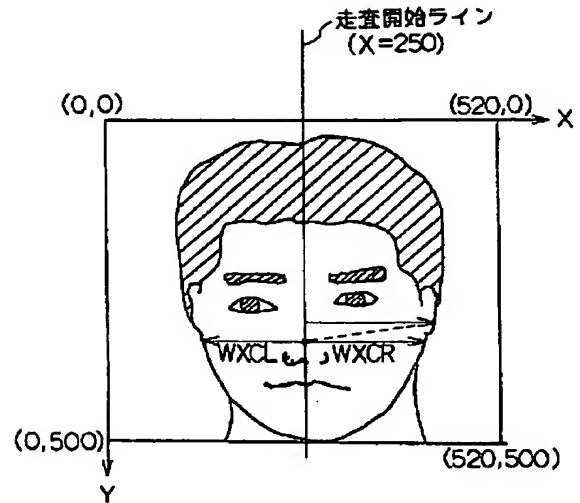
【図2】



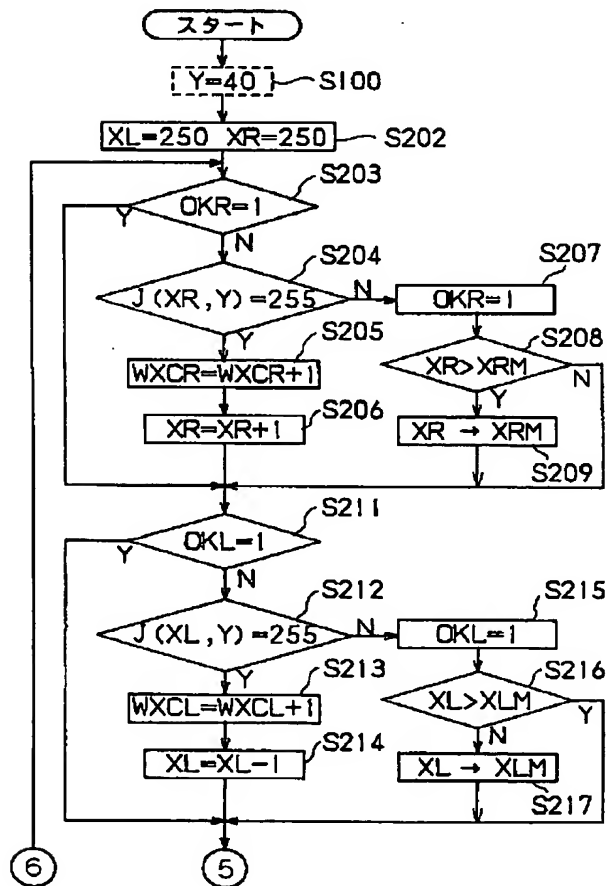
【図3】



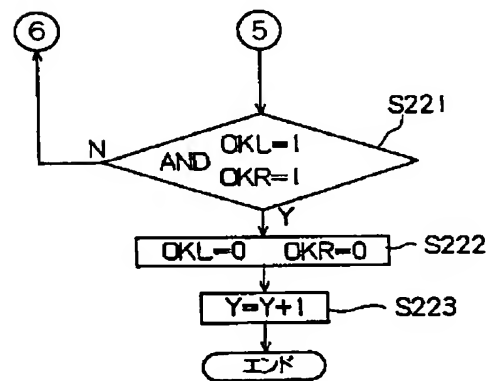
【図7】



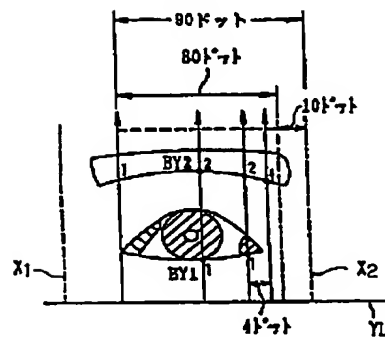
【図8】



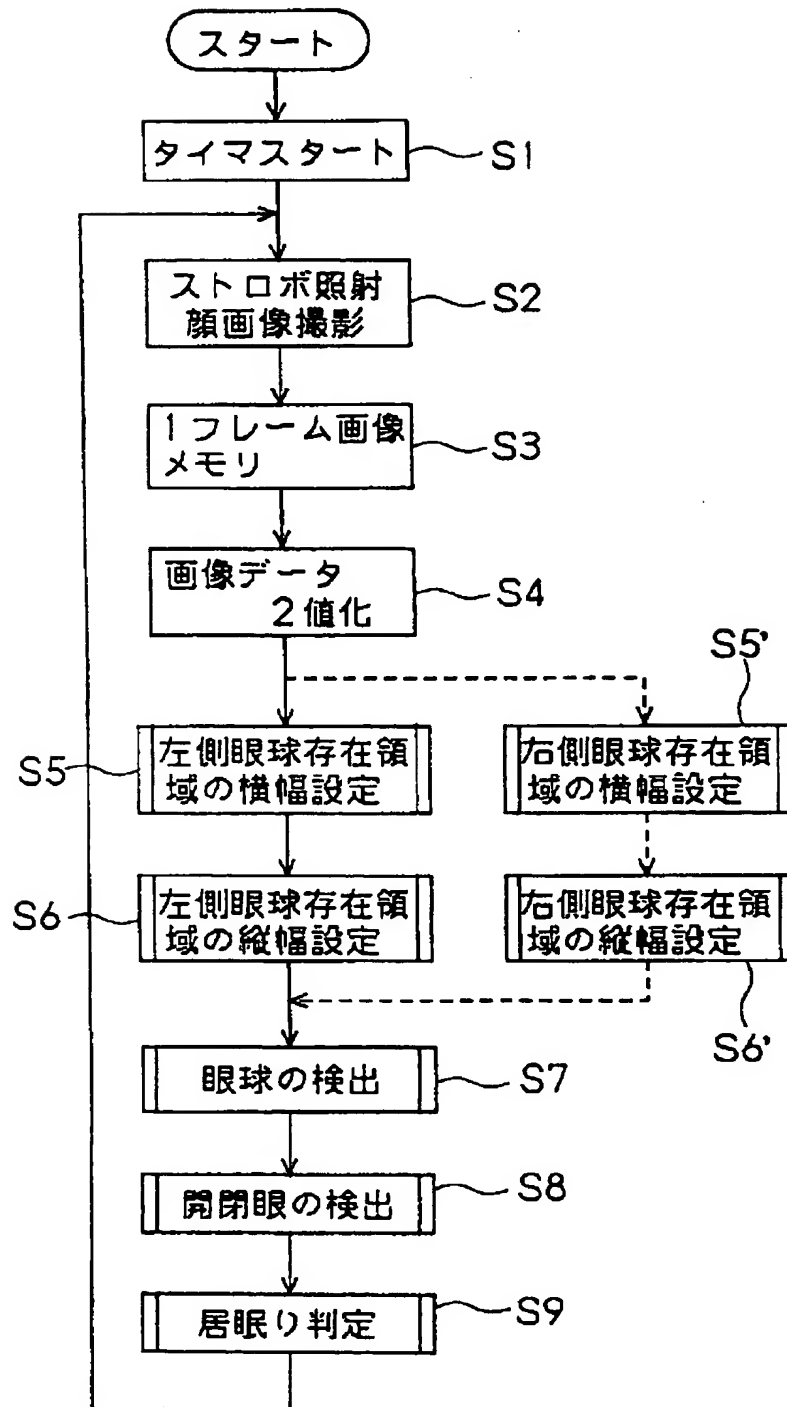
【図9】



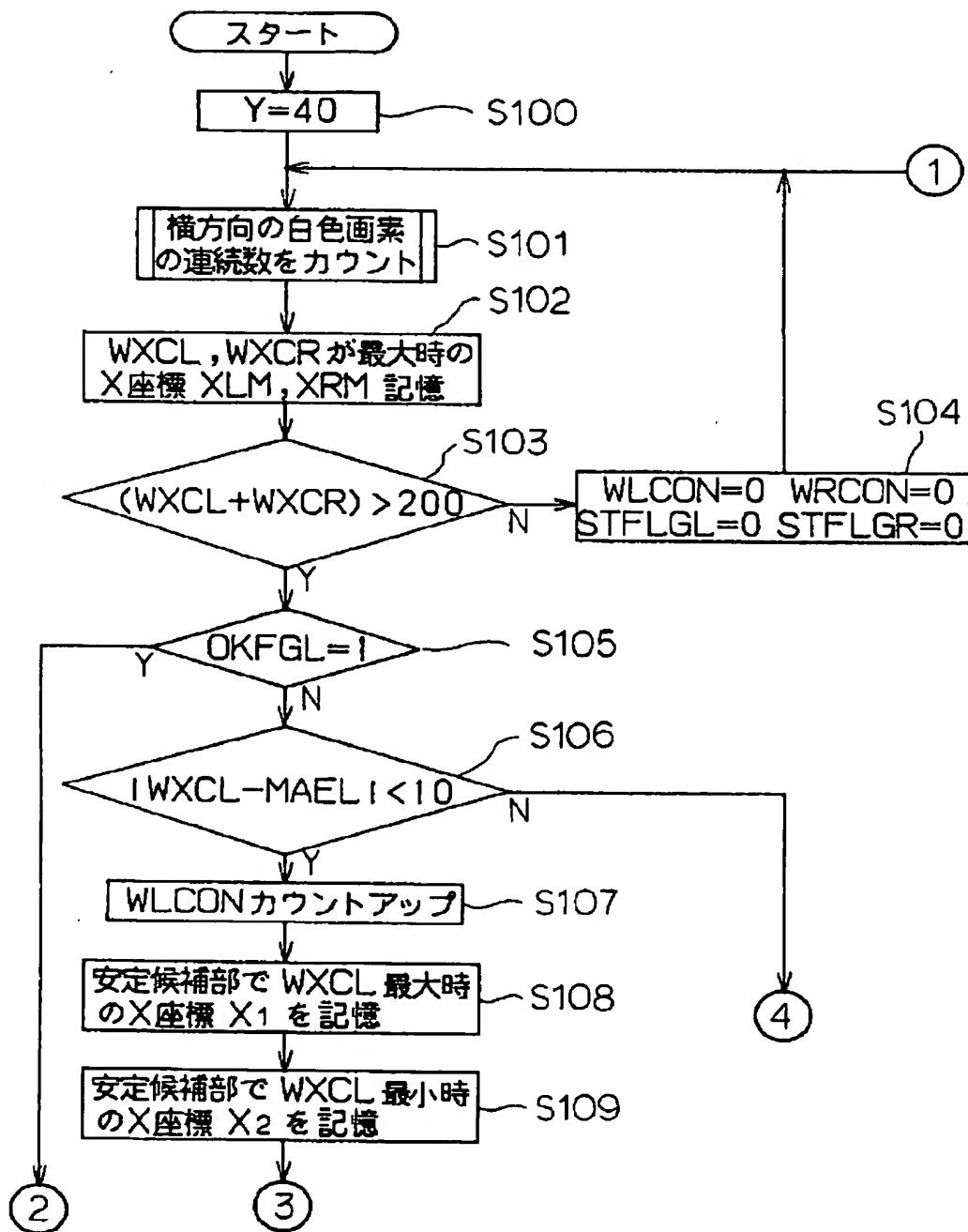
【図10】



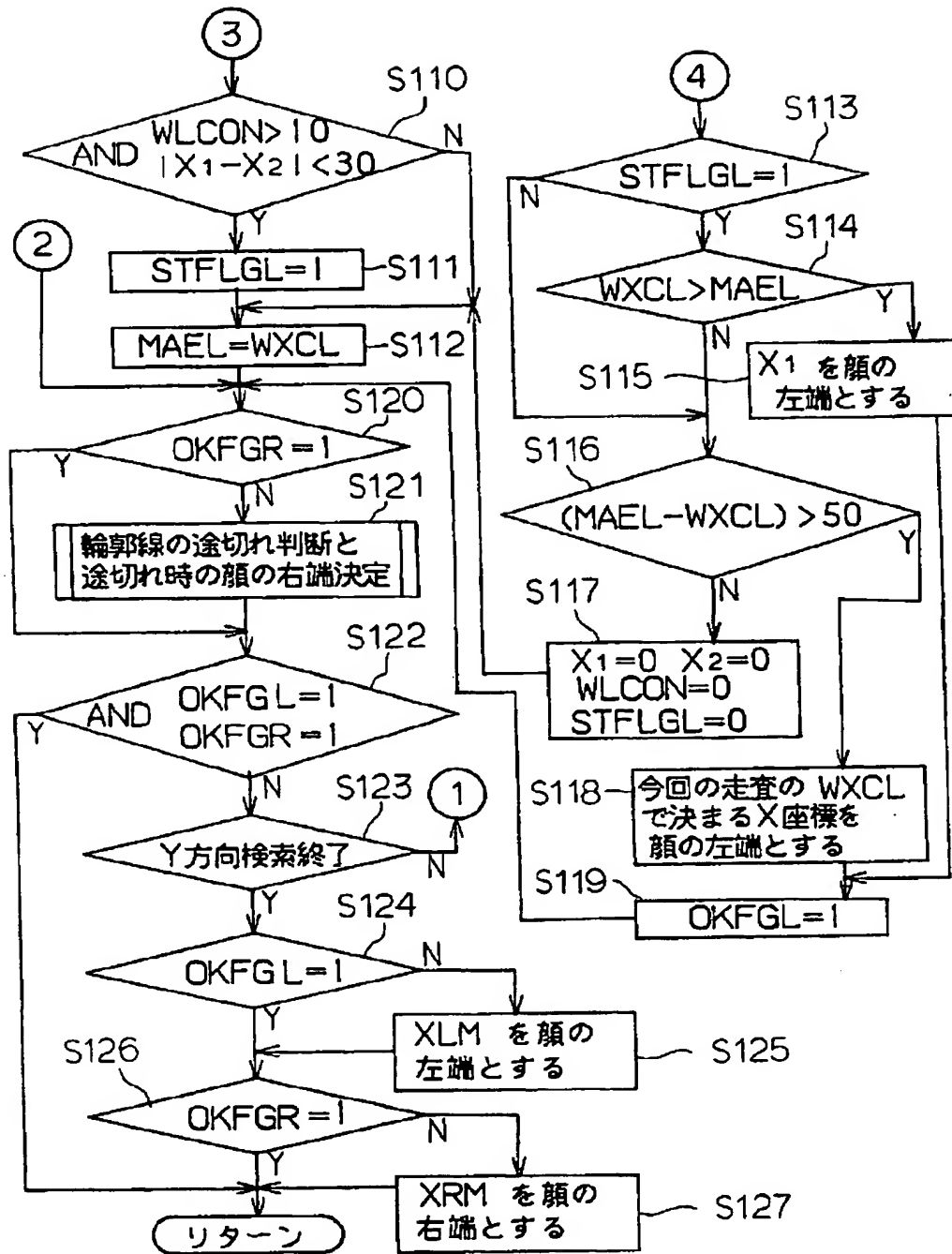
【図4】



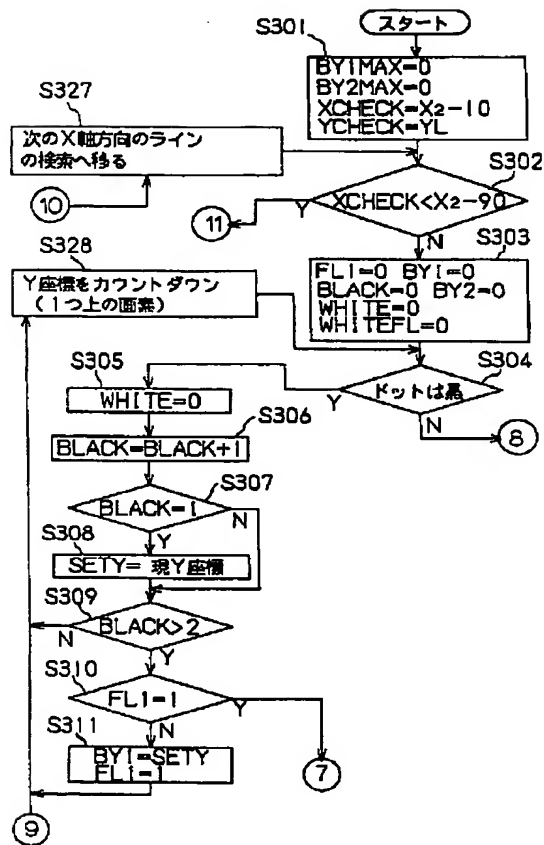
【図5】



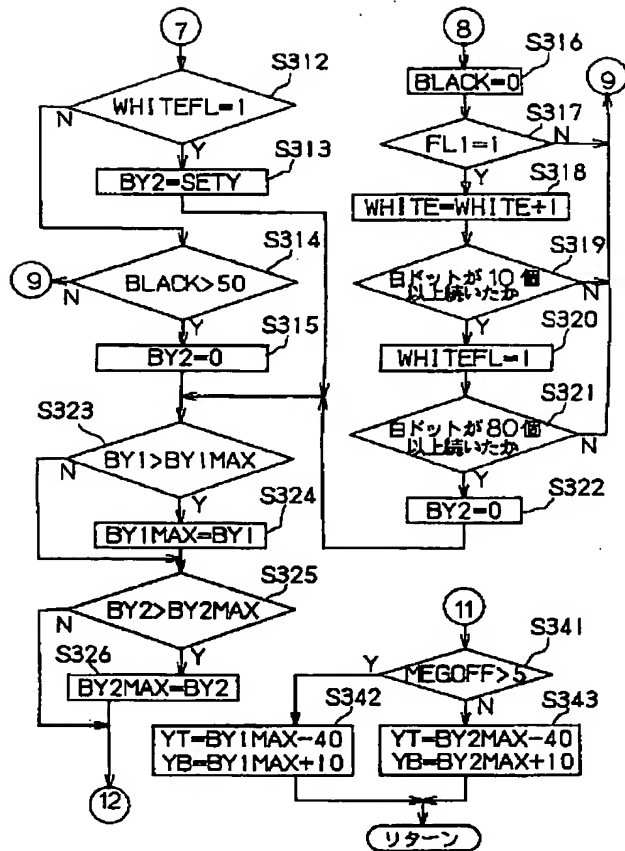
【図6】



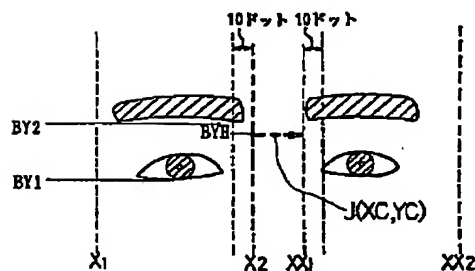
【図11】



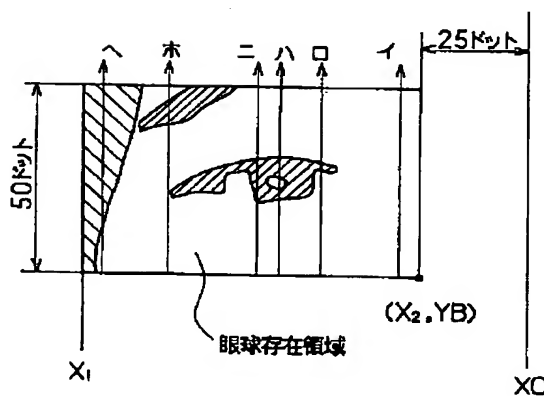
【図12】



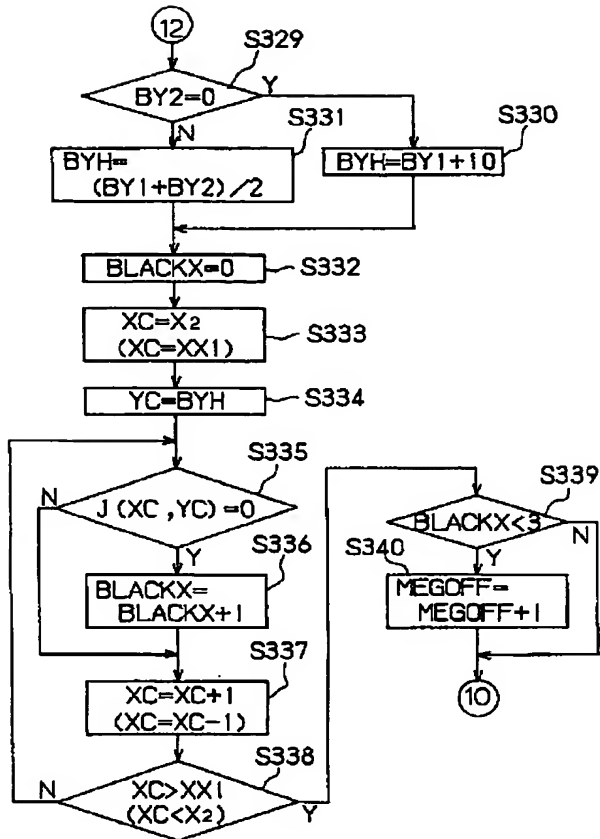
【図14】



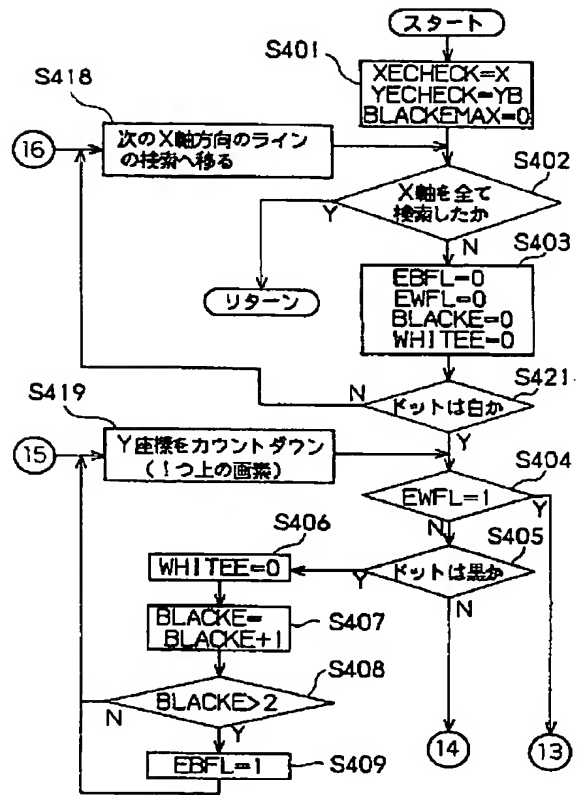
【図17】



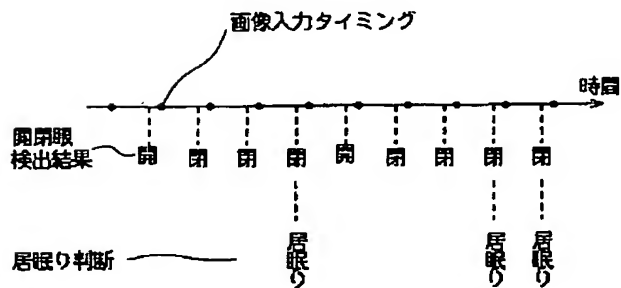
【図13】



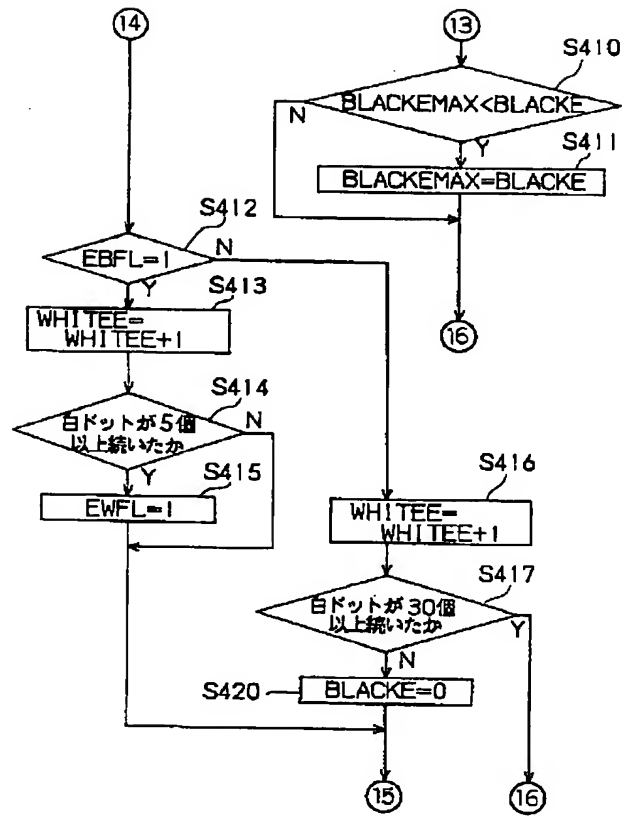
【図15】



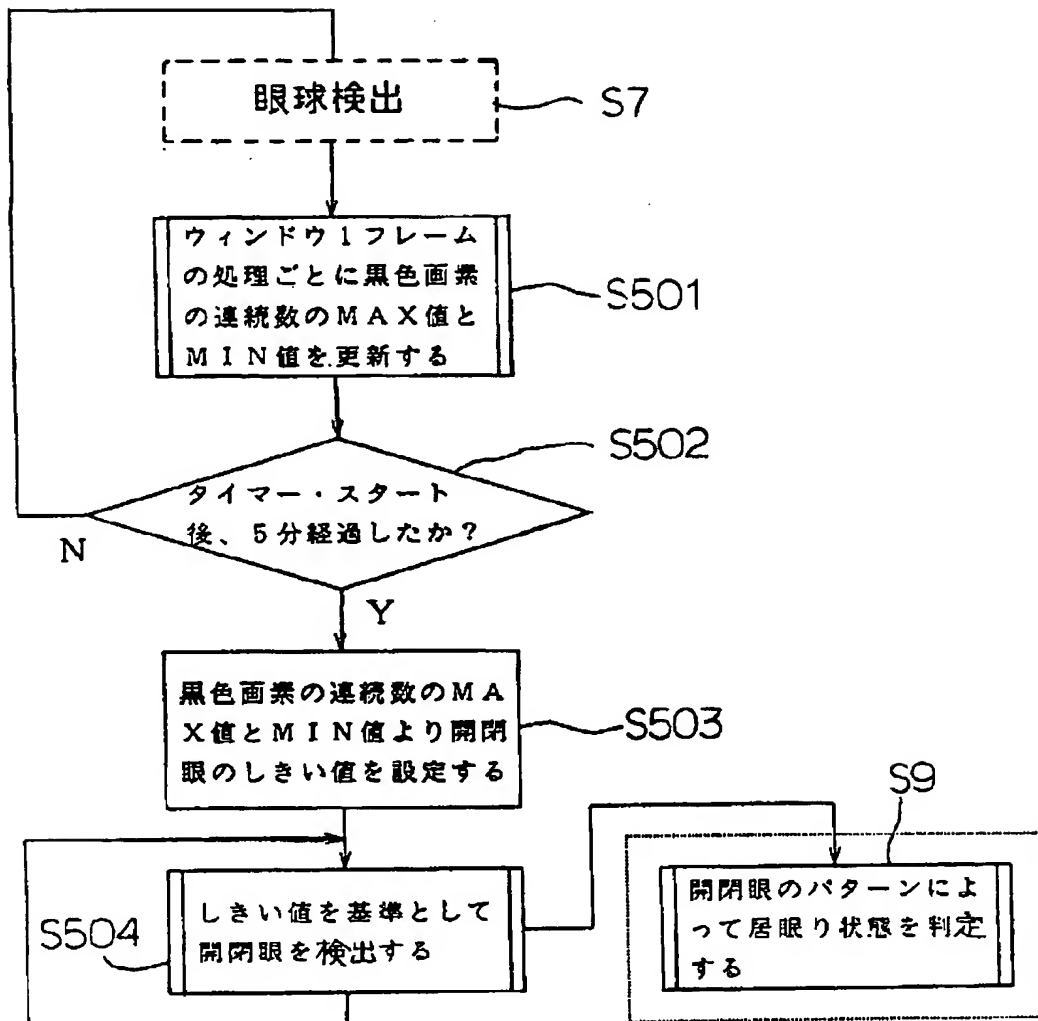
【図19】



【図16】



【図18】



【図20】

